

углеводородных композитов / Н.М. Нагимов, Р.К. Ишкаев, А.В. Шарифуллин, [та ін.]. // Нефть России. Техника и технология добычи нефти. – 2002. – № 2. – С. 68-70.

*Поступила в редколлегию 15.11.2010*

**УДК 66.074:661**

**А. А. КУДЕЛЯ**, аспирант, НТУ «ХПИ», г. Харьков

## **ВЫСОКОСКОРОСТНЫЕ МАССООБМЕННЫЕ КОЛОННЫ И ГАЗОЖИДКОСТНЫЕ СЕПАРАТОРЫ**

Даны общие характеристики высокоскоростных массообменных колонн и газожидкостных сепараторов. Приведен обзор возможных применений аппаратов в Украине. Даны параметры элементов, используемых в высокоскоростных колоннах и сепараторах.

Ключевые слова: сепаратор, высокоскоростной элемент, массообмен, осушка газа

Дано загальні характеристики високошвидкісних масообмінних колон та газорідних сепараторів. Приведено огляд можливих застосувань апаратів в Україні. Описані параметри елементів, використовуваних у високошвидкісних колонах і сепараторах.

Ключові слова: сепаратор, високошвидкісний елемент, масообмін, осушення газу

General characteristics high-speed mass-exchange columns and gas-liquid separators are given. Possible applications of elements in Ukraine are viewed. Parameters of the elements used in high-speed columns and separators are described.

Keywords: separator, high-speed device, mass transfer, natural gas dewatering

В настоящее время в промышленности применяются несколько принципиально отличающихся схем очистки и разделения сред. В частности, в газовой промышленности существует необходимость выделения из газа газового конденсата, избыточной влаги и выносимой соленой пластовой воды, которые вызывают ряд проблем при обработке и транспортировке газа.

Целью данной статьи является рассмотрение различных типов высокоскоростных элементов и выбора наиболее оптимальных конструкций для применения их в аппаратах осушки газа с конкретными технологическими параметрами. Принципиальное отличие данных элементов в том, что, хотя в колонне происходит противоточное движение фаз, но в каждом отдельном элементе колонны осуществлено прямоточное взаимодействие фаз в восходящем закрученном потоке.

Первые испытания высокоскоростного элемента при исследовании десорбции углекислого газа из воды воздухом в восходящем закрученном потоке показали следующие результаты: КПД от 70 до 95% при скорости газа в элементе 11,6-25,8 м/с и уносе 0,8-5,0% от расхода жидкости [1].

Возможно применение двух схем размещения высокоскоростных элементов с прямоточным взаимодействием фаз в восходящем закрученном потоке в колонне для ректификации смеси этиловый спирт-вода: соосная компоновка элементов, соединенных коаксиальным сепарационным патрубком по высоте и размещение элементов на тарелке по схеме барботажных колпачков с сепарационным пространством между тарелками [2]. Величина

КПД элемента в зависимости от скорости газа в нем достигает 50-80% на промежутке скоростей пара 12-23 м/с, и 97-99% при скорости пара в элементе 6,16 м/с – (эмульгационный режим).

Методика расчета числа ступеней для такой колонны производится по формуле (1) для точного расчета КПД тарелки ( $\eta_t$ ) по Мёрфи [3] в зависимости от КПД проточной ступени ( $\eta$ ):

$$\eta_t = \frac{\eta}{\frac{mG}{L}(1-\eta) + 1} \quad (1)$$

Результаты промышленных испытаний высокоскоростной колонны для ректификации смеси ацетон-вода диаметром  $D_y=1000$  мм и рабочим давлением  $P_y=1,5$  кгс/см<sup>2</sup> на Стерлитамакском заводе синтетического каучука при расстоянии между тарелками 600 мм показали увеличение производительности по сравнению с барботажными колоннами в 5-7 раз. Фактор скорости в колонне

достигал  $9,0 \frac{м}{с} \sqrt{\frac{кг}{м^3}}$ . Промышленные испытания показали соответствие эффективности массопередачи и гидравлических характеристик заявленным показателям [4].

Подготовка газа к транспортировке в газовой промышленности осуществляется на первой и второй ступенях сепарации при давлениях 16 и 6,4 МПа соответственно. Основными аппаратами для сепарации фаз являлись аппараты диаметром 1000 и 1200 мм с жалюзийными насадками производительностью 1 млн. м<sup>3</sup>/сутки. Такая производительность являлась следствием низкой скорости прохождения газа в проточной части аппарата.

Эффективность сепарации для блоков Гипрогаза составила 67-72,5% для производительности блока 350-750 тыс. м<sup>3</sup>/сутки, а для блоков ЮжНИИГипрогаза – 62,3-64% при производительности блока 500-1200 тыс. м<sup>3</sup>/сутки [5]. Низкая эффективность сепарации потребовала дополнительно установки сепараторов третьей ступени для доулавливания выносимой жидкости.

Применение контактно-сепарационных элементов (КСЭ) для создания высокоскоростного газосепаратора внутренним диаметром 2400 мм и мощностью 15-20 млн. м<sup>3</sup>/сутки для давления 6,4 МПа позволяет значительно интенсифицировать этот процесс.

Результаты испытаний такого газосепаратора в качестве третьей ступени сепарации на УКПГ-2 Крестищенского месторождения показывают повышение КПД сепаратора от 93,83 до 99,97% по мере увеличения конденсатного фактора от 2 до 95 г/м<sup>3</sup> благодаря поглощению туманообразных капель конденсата, что делает целесообразным применение подобных газосепараторов и на второй ступени сепарации [6]. Конструкция такого типа КСЭ приведена на рис. 1,2.

Сравнительные испытания газосепараторов первой ступени типа ГСВ-1000-160 (диаметр сосуда 1000 мм, рабочее давление 160 кгс/см<sup>2</sup>) и газосепараторов ЦКБН на УКПГ-5 Крестищенского газоконденсатного месторождения показали высокую эффективность высокоскоростного газосепаратора на первой ступени при изменении нагрузки по жидкости от 17

до  $286 \text{ см}^3/\text{м}^3$ : при нагрузке по газу 2,5 млн.  $\text{м}^3/\text{сутки}$  на давлении 6,6 МПа унос конденсата составил  $0,02 \text{ см}^3/\text{м}^3$ ; при нагрузке 2,9 млн.  $\text{м}^3/\text{сутки}$  –  $0,25 \text{ см}^3/\text{м}^3$ , что значительно меньше соответствующих показателей абсорберов конструкции ЦКБН ( $1,38 - 8,08 \text{ см}^3/\text{м}^3$  соответственно) [7].

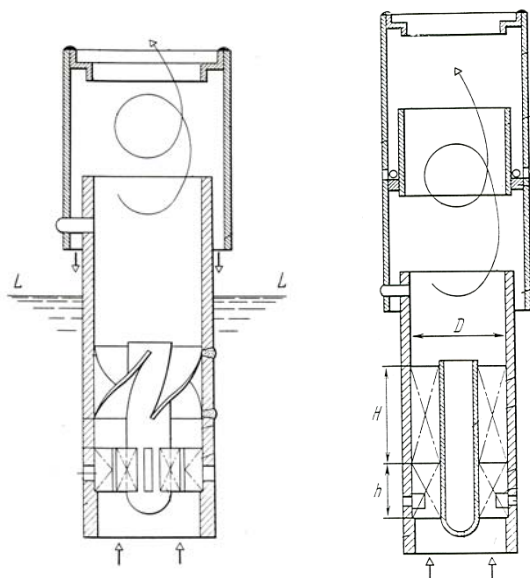


Рис. 1  
Массообменный  
элемент

Рис. 2  
Сепарационный  
элемент

Определенный интерес представляет конструкция и основные параметры цилиндросферического газосепаратора с осевыми завихрителями [8]. Такая конструкция позволила создать газосепаратор в 4 раза легче цилиндрического, большой единичной мощности, с возможностью выдерживать большую нагрузку по жидкости. Мощность сепаратора в зависимости от фактора скорости газа, его плотности и диаметра аппарата рассчитана по формуле В.М. Киселёва:

$$G_0 = 0,785 D^2 \frac{F \rho_r}{\sqrt{\rho_r \rho_0}} \quad (2)$$

где  $D$  – внутренний диаметр

аппарата,  $F$  – фактор скорости,  $\rho_r$  и  $\rho_0$  – плотность газа в рабочих и стандартных условиях,  $n$  – число КСЭ на одной тарелке аппарата.

Применение цилиндрической конструкции газосепаратора с усовершенствованной формой КСЭ (с гидравлическим коагулятором капель на выходе) для оптимизации технологического процесса производства сжиженного газа приведено позволяет повысить эффективность сепарации до 99,9% для конденсатного фактора  $95 \text{ г}/\text{м}^3$  [9].

Дальнейшее усовершенствование конструкции КСЭ предпринято В.В. Тюриным [10]. Ключевыми особенностями усовершенствования конструкции являются наличие трехступенчатой сепарации фаз и диафрагмированного выхлопа, что позволило обеспечить большую стабильность работы элемента при высоких нагрузках по жидкости (до  $307 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^2 \cdot \text{час}}$ ) и высоких факторах скорости газа (до  $40 \frac{\text{м}}{\text{с}} \sqrt{\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}}$ ), однако и привело к резкому увеличению перепада давления на элементе.

**Список литературы:** 1. Киселев В.М. Гидравлические характеристики и массопередача на циклонной тарелке при десорбции двуокиси углерода / В.М. Киселёв, А.А. Носков // Журнал прикладной химии. – 1967. – Т. 40, №7. – С. 1630 – 1634. 2. Киселев В.М. Ректификация смеси этиловый спирт-вода в высокоскоростной колонне с прямоточным взаимодействием / В.М. Киселёв, А.А. Носков, П.Г. Романков // Журнал прикладной химии. – 1969. – Т. 42, №7. – С. 1637 – 1641. 3. Киселев В.М. Расчет числа ступеней высокоскоростной ректификационной колонны с прямоточным взаимодействием фаз в восходящем закрученном потоке / В.М. Киселёв, А.А. Носков, П.Г. Романков // Теоретические основы

химической технологии. – 1970, Т. 4, №6, С. 920 – 925. 4. Киселев В.М. Промышленное испытание прямоточных контактных элементов с центробежной сепарацией фаз для реконструкции действующих массообменных колонн / В.М. Киселёв, А.А. Носков, П.Г. Романков // Известия высших учебных заведений, «Химия и химическая технология». – 1976. – Т. 19, №5. – С. 775 – 779. 5. Разработка газовых и газоконденсатных месторождений СССР и промысловая подготовка газа, сб. науч. тр. / ВНИИЭГАЗПРОМ. – М. : ВНИИЭГАЗПРОМ, 1975. – 58 с. 6. Киселев В.М. Высокопроизводительный сепаратор с осевыми завихрителями / В.М. Киселев, А.А. Трипольский, В.Т. Градюк // Газовая промышленность – 1979. – №10. – С. 21 – 22. 7. Градюк В.Т. Сравнительные испытания газосепараторов первой ступени / Градюк В.Т., В.М. Киселев, А.Н. Медведев // Газовая промышленность – 1982. – №1. – С. 34 – 35. 9. Киселев В.М. Малогабаритные контактно-сепарационные элементы / В.М. Киселев // Газовая промышленность – 1985. – №6. – С. 14 – 15. 10. Кисельов В.М. Оптимізація технологічного процесу виробництва скрапленого газу / В.М. Кисельов, В.В. Тюрін, Б.Б. Синюк, В.Т. Градюк, В.С. Сливканич // Нафтова і газова промисловість, 2003. – №5. – С. 57 – 60. 11. Тюрін В.В. Розробка і дослідження відцентрових елементів для сепараційного обладнання і системах підготовки газу», автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук / В.В. Тюрін – УкрНДІгаз, Харків, 2009. – 177 с.

*Поступила в редколлегию 07.12.2010*

**УДК 664.3:547**

**А.П. МЕЛЬНИК**, докт. техн. наук, проф. НТУ “ХП”,  
**В.Ю. ПАПЧЕНКО**, м.н.с., НТУ “ХП”, м. Харків

## **МІЖФАЗНИЙ НАТЯГ ПРОДУКТІВ РЕАКЦІЇ АМІДУВАННЯ АЦИЛГЛІЦЕРИНІВ ДІЕТАНОЛАМІНОМ**

Досліджено вплив продуктів реакції амідування соняшникової олії діетаноламіном на поверхневий натяг на межі двох рідин. Визначено величину граничної адсорбції. Побудовано ізотерми міжфазного натягу і адсорбції. Розраховано роботу адсорбції.

The influence of reaction product obtained as result in diethanolamine amidation of sunflower oil on the surface tension on the border of two fluids has been investigated. The limiting adsorption value has been evaluated. The isotherm diagrams of interfacial tension and adsorption have been built. The adsorption work has been calculated.

Поверхнево-активні речовини (ПАР) адсорбуються на межі розділу фаз, одна з яких найчастіше це вода, і знижують поверхневий (міжфазний) натяг, вони проявляють емульгуючу, миючу, змочувальну та інші властивості. Діетаноламіді жирних кислот (ДЖК), як ПАР, проявляють поверхневу активність і використовують у косметичі для стабілізації піни, збільшення в'язкості, пом'якшення дії миючих препаратів [1]. ДЖК можуть бути використані у засобах для очищення металевих поверхонь від пилу, бруду, як жирового, так і оксидів заліза [2, 3]. На цей час в Україні існує дефіцит ПАР, а тому для парфумерно-косметичного виробництва і виробництва миючих засобів використовують закордонні ПАР. У попередній роботі [4] авторами оцінено деякі поверхнево-активні властивості ДЖК у суміші з моно- (МАГ) і діацилгліцеринами (ДАГ), які одержані реакцією амідування соняшникової олії (СО) діетаноламіном (ДЕА).